

Øvelse 1 (uge 10) (Bygning 307, LabView baren, rum 015)

Felter og sensorer

Udstyr

Magnetprobe, Helmholtz-spoler, Hall-sensor, to sensorholdere, batteri, mumetalskærm, strømforsyning, formodstande, diverse ledninger, multimeter, LabView-station, harddisk.

Software

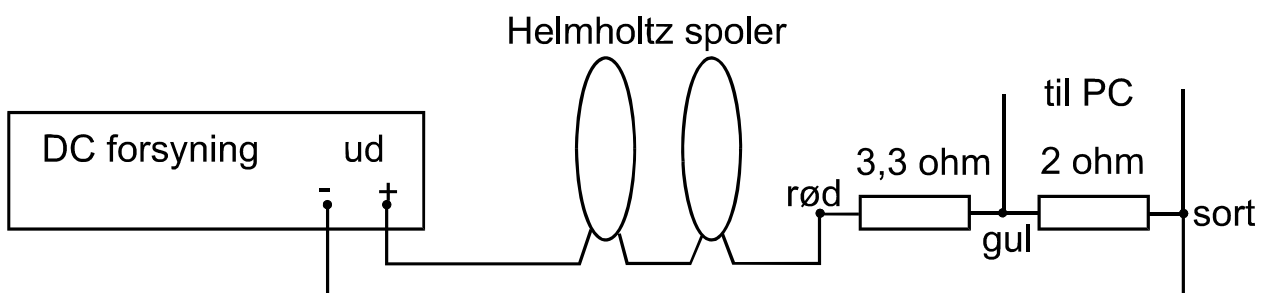
Der benyttes to LabView-programmer, som aktiveres via genveje på desktoppen: *Hall_B_I.vi* og *Hall_B_X.vi*. De ligger i en dokumentmappe, der hedder *Harddisk*. Programmerne startes ved at trykke på pilen øverst til venstre (i tryknaplinjen). De stoppes ved at trykke på den røde cirkel til højre for startknappen. Hvis man skal vælge noget i programmet, kan det være nødvendigt at skifte værktøj: Gå ind i *Window*-menuen, vælg *Tools palette* og vælg fingeren. Data lagres i en fil, hvis navn angives i et felt øverst. Skriv fil-navnet *inden* I starter programmet. Der er forudvalgt en sti svarende til at I gemmer jeres data i en mappe på Desktoppen, der er markeret enten *onsdag1*, *onsdag2*, eller *torsdag1*, *torsdag2*. Til plot og dataanalyse benyttes *Origin*. Journaler kan f.eks. skrives i *Wordpad*. PC'erne er på nettet, så I kan uploade filer til f.eks. CampusNet.

Vejledning

Øvelsen skal give et indblik i magnetfeltet i og omkring et Helmholtz-spolesæt og derigennem introducere nogle metoder til at kortlægge magnetfelter både med hensyn til størrelse og retning.

(a) Kvalitativt magnetfelt i og omkring Helmholtz-spole med 1 A strøm

Etabler en strømkreds med Helmholtz-spolerne. Før ledningskredsen fra plus (rød) på DC-forsyningen (Direct Current = jævnstrøm) til første spole, fra første spole til anden spole, fra anden spole til de serieforbundne formodstande (rødt stik) og fra sort stik til minus på DC-forsyningen.



Skematisk illustration af strømkreds til feltspoler

Spændings- og strømreguleringsknapperne skal være skruet helt ned (mod uret). Tænd forsyningen og skru lidt op for strømmen. Derefter skrues langsomt op for spændingen til der løber ca. 1 A.

Husk! Check, f.eks. ved brug af magnetproben, at spolerne er forbundet, så deres felter virker i samme retning.

- Undersøg det rumlige felt i og omkring spolerne ved brug af magnetproben. Rapporten skal indeholde en skitse af feltlinjerne i et plan indeholdende spolens symmetriakse. Husk at indikere retninger af feltlinjer og strøm på skitsen!

Aktivering og nulstilling af Hall-sensoren

Til en kvantitativ bestemmelse af magnetfelter må man benytte en sensor, der omsætter feltet til en let målbar størrelse, i dette tilfælde en elektrisk spænding. Ved øvelsen anvendes en Hall-sensor fra Honeywell, type SS94A1F, som kan måle op til ± 10 mT. Sensoren er flad og har tre ben, som monteres i en sokkel. Benet, som er markeret med + skal sidde i den med rødt markerede side af soklen. Tilsvarende skal blåt matche – (minus).

1. Check at det grå kabel fra klemrækken *ikke* er forbundet til holderen
2. Forbind batteriet
3. Lirk forsigtigt Hall-sensoren ned i den sokkel, som sidder på et kort plexiglasrør med gradskive. Pas på ikke at bøje benene!
4. Kontrollér endnu engang at rød = +.
5. Det grå kabel fra klemrækken forbindes til stikket i den anden ende af røret.

Herved er målekredsen etableret: Hall-sensoren er forspændt med ca. 9 V over yderbenene, og midterbenets spænding er et mål for et magnetfelt vinkelret på sensoren (ved den hvide udragende firkant på sensoren). Den anden ende af forbindelseskablet er tilsluttet LabView-målestationen.

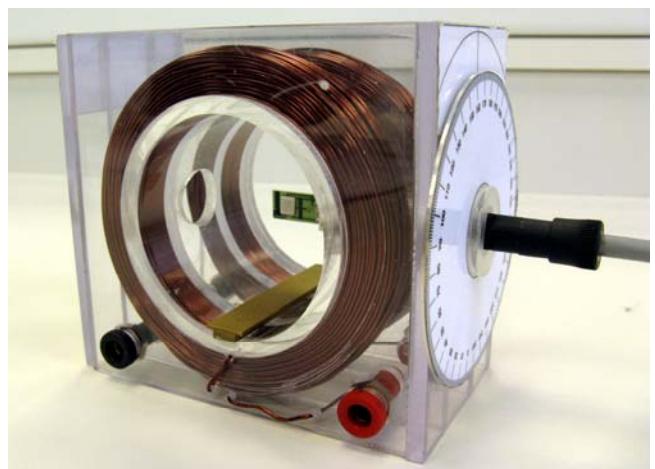
Aktivér programmet *Hall_B_I.vi* (måler felt, B og spolestrom, I). Vælg den korrekte sensortype på listen. Vi bruger venstre side af frontpanelet til at måle feltet. Tryk på kørknappen (enkelt pil). Anbring mumetalskærmen om Hall-sensoren. Mumetal er et såkaldt blødt magnetisk materiale, som leder feltlinierne uden om hulrummet. Nu er feltet nær nul ved sensoren. Tryk på OK. Viser og digital indikator angiver herefter det målte felt ud fra det etablerede nulpunkt.

Bemærk at programmet også måler batterispændingen. Herved kan det korrigeres for at batterispændingen langsomt falder under brugen. Hvis I er utilfredse med nulpunktet, stopper I programmet med stopknappen og starter forfra.

(b) Hall-probe i centrum: Linearitet med strøm

Nu føres Hall-sensoren (stadig siddende på plexiglasrøret) fra siden ind i spolernes symmetricenter (se billedet). Sæt først strømmen til ca. 1 A og drej sensorholderen til maksimalt felt observeres. Sæt dernæst strømmen til nul og aflæs værdien af feltet

$B =$	(for $I = 0$)
-------	----------------



På højre del af *Hall_B_I.vi* måler man som anvist punkt for punkt sammenhørende værdier af strøm og spænding i området fra 1 til 0 A. I skal angive et nyt filnavn, så I kan holde styr på jeres data. Strømmen findes af LabView ved at måle spændingen over en serieforbundet effektmodstand på 2Ω (sort og gul bøsning på formodstandspladen). En enkelt måling kan foretages ved at trykke en enkelt gang på måleknappen. Holdes

knappen nede, måles ca. 2 punkter i sekundet. Når I når strømmen nul, bytter I om på ledningerne på strømforsyningens udgang og fortsætter med at måle for negative strømme. Når I har fået en pæn kurve trykkes på stopknappen og programmet har lagret dataene i den specificerede fil.

Mål Helmholtz-spolens geometriske parametre med en skydelære og vurder usikkerheden på parametrene. Husk, kort at anføre metode og resultat i rapporten!

Antal vindinger pr. spole (N)	Middelradius af spole (R)	Middelafstand mellem spoler (D)
130	\pm	\pm

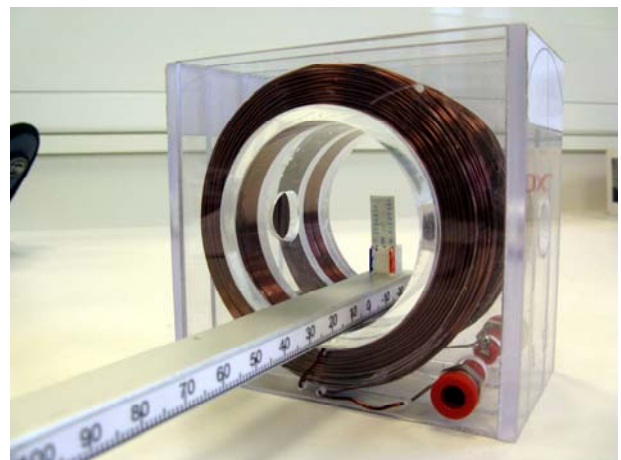
Efterbehandling af data

- Plot målepunkterne i et scatterplot i Origin og fit en ret linie til dem. Husk at angive udtrykket for den rette linie med usikkerheder!
- Er der proportionalitet mellem felt og strøm? Hvilken betydning har Jordens magnetfelt for målingerne?
- Vurder, om den målte hældning (med usikkerhed) passer med den teoretiske hældning (med usikkerhed) beregnet for en Helmholtz-spole med sammenfaldende ledere (ligning (3.8) i noterne)? Diskuter mulige kilder til afvigelser.

(c) Feltprofil langs akse

Udtag plexiglasrøret med Hall-sensoren. Afmontér forbindelseskablet. Sæt Hall-sensoren i soklen på aluminiumskinnen. Vender den rigtigt? Se om I med forsigtighed kan få aluminiumskinnen til at glide på messingskinnen i bunden af Helmholtz-spolen. Det giver mulighed for at måle feltets variation langs akse (se billedet). Montér forbindelseskablet i den anden ende af aluminiumskinnen. Aflæs først feltet, når strømmen gennem spolerne er nul:

$$B = \quad \quad \quad (\text{for } I = 0)$$



Sæt strømmen til ca. 1 A og mål den ved brug af et serieforbundet digitalt multimeter:

$$I = \quad \quad \quad \text{A}$$

Nu køres *Hall_B_X.vi* og feltprofilen udmåles (positioner aflæses i mm på målestokken med et nulpunkt der nogenlunde svarer til, at sensoren sidder i symmetricentrum). Sørg for at måle datapunkter på begge sider af midten af spolesættet.

Efterbehandling af data

- Plot det målte aksefelt vs. x i Origin.

- Fit nedenstående udtryk (ligning (3.7) fra noterne) udledt for sammenfaldende vindinger på spolerne til data (se den separate note 'Introduktion til Origin' for en vejledning)

$$B_x(x) = \frac{\mu_0 NI}{2} \left[\frac{R^2}{((x - x_0 - D/2)^2 + R^2)^{3/2}} + \frac{R^2}{((x - x_0 + D/2)^2 + R^2)^{3/2}} \right] + B_0$$

I denne formel er $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Vs/Am en naturkonstant, x_0 er værdien af x midt mellem spolerne, og B_0 er et baggrundsfelt. Fitteparametrene kan være NI , R , D , x_0 og B_0 .

- Sammenlign resultaterne fra fittet (med usikkerheder) med de målte parametre (med usikkerheder). Vurder, om der er overensstemmelse mellem teori og eksperimenter og diskuter mulige fejlkilder.

(d) Undersøgelse af harddisk med magnetprobe

Åben harddisken og undersøg den med magnetproben. Undersøg især området nær spolen på aktuatorarmen. Tag en skruetrækker og vrid toppen over spolen på aktuatorarmen af. Pas på at I ikke klemmer fingrene! Identificer magnetiseringsretningerne på magneten ved aktuatorarmen. Hvordan virker aktuatorarmen?

- Rapporten skal indeholde en skitse (f.eks. i tværsnit) af magneterne ved aktuatorarmen og spolen i aktuatorarmen. På skitsen skal retninger af magnetfeltet og strømmen i spolen indikeres. Forklar aktuatorarmens funktion ved brug af en kendt fysisk formel fra noterne og indiker kraften på hver af lederne i spolen på figuren.

Efterlad venligst arbejdspladsen i samme orden som I modtog den.

Øvelse 2 (uge 11) (Bygning 307, LabView baren, rum 015)

Magnetfelter om spoler og magnetiske materialer

Udstyr

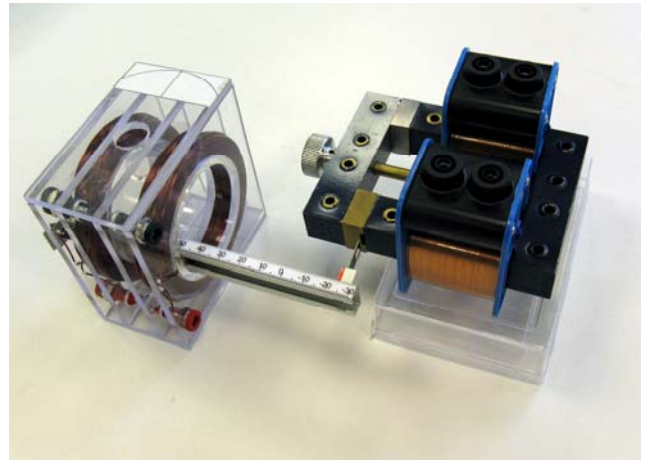
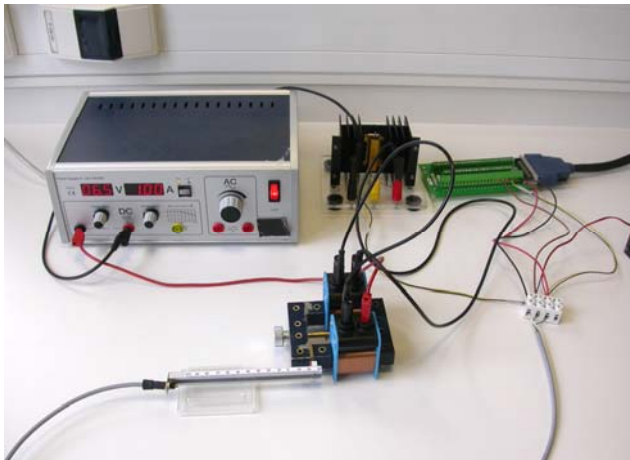
Magnetprobe, μ -metalskærm, jernkreds med 2 stk. 200 vindingers spoler, afstandsstykker i jern/messing, 2 Hall-sensorer (til 10 mT og til 250 mT), lang sensorholder med målestok, batteri, strømforsyning, formodstande, diverse ledninger, LabView-station, målestok, mm-papir, tape, plastbokse og låg. I øvelsen benyttes de samme LabView-programmer som i første øvelse.

Vejledning:

Øvelsen skal give et indblik i hvordan magnetiske materialer kan påvirke magnetfelter. Specielt studeres jernkredse med gab af varierende tykkelse.

(a) Måling af feltet i gabet i jernkreds med gab af varierende størrelse

Til den mørkeblå jernkreds hører et sæt afstandsstykker med tykkelser $d = 3, 6$ og 10 mm. For hver tykkelse er der en massiv del af blødt jern og en del af messing (umagnetisk) med en udskæring, der tillader jer at føre en Hall-sensor ind i feltområdet. Desuden er der to spoler à 200 vindinger, der hver kan bære 1 A. Spolerne monteres i jernkredsen, så de er *seriekoblet* og magnetiseres i *samme retning* rundt langs jernkredsen (**Vigtigt! kontrollér dette!**). Strømkredsen etableres på sædvanlig måde med formodstand (sort og rød terminal) (se figuren nedenfor til venstre).



Jernkredsen anbringes på den store af plastboksene og stangen med Hall-sensoren anbringes i Helmholtzspole-sættet, der lægges på siden (se figuren til højre). Så burde højderne passe. Alternativt kan stangen med Hall-sensoren lægges på plastlæg, så højden passer med gabet i afstandsstykket (som i figuren til venstre).

Mål for hver af de tre værdier af gabet en sammenhængende magnetfeltskurve (een datafil), hvor strømmen varieres på følgende måde:

(1) $0 \text{ A} \rightarrow +1 \text{ A} \rightarrow 0 \text{ A}$ og (2) $0 \text{ A} \rightarrow -1 \text{ A} \rightarrow 0 \text{ A}$ og (3) $0 \text{ A} \rightarrow +1 \text{ A}$.

Polariteten i del (2) vendes ved at bytte om på ledningerne på udgangsterminalerne på strømforsyningen.

Efterbehandling af data

- Plot de tre måleserier af B vs. I i en enkelt figur. Beskriv Jeres observationer af graferne.
- Lav en tabel med værdierne af B målt ved en strøm på $+1 \text{ A}$ med følgende kolonner

d	$B_{\text{målt}}$	$(B \cdot d)_{\text{målt}}$	$(B \cdot d)_{\text{beregnet}}$	Relativ afvigelse
3 mm				
6 mm				
10 mm				

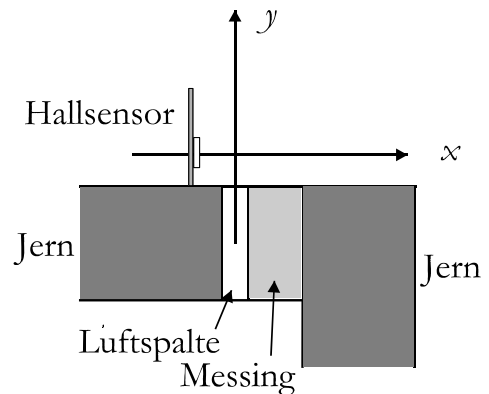
hvor de beregnede værdier baseres på ligning (3.15) under den simplificerende antagelse, at permeabiliteten af kernematerialet er uendelig stor.

- Hvordan passer de målte værdier af $B \cdot d$ med de beregnede værdier?
- Diskuter og begrund mulige årsager til (eventuelt systematiske) afvigelser mellem de beregnede og målte værdier af $B \cdot d$.

(b) Måling af randfeltet udenfor jernkreds med gab af varierende størrelse

Formålet med denne del af øvelsen er at måle hvordan randfeltet (dvs. feltet udenfor gabet) varierer med gabets størrelse.

Vi definerer et koordinatsystem, som vist i figuren. Gabet ligger ved $x = 0$ og sensoren orienteres hele tiden, så den måler feltets x -komponent.



Vigtigt! y -aksens nulpunkt lægges når Hall sensorens midte er ved overfladen af jernkernen.

Afstande måles ved at anbringe opstillingen på mm-papir.

Sæt strømmen til 1,0 A.

- (1) For hvert af de tre gab måles nu feltet for $x = 0$ som funktion af y . Start med Hall-proben helt inde i gabet og mål indtil feltet er aftaget til en neglignel værdi. Overvej betydningen af jordens magnetfelt.

Derpå monteres kredsen *uden* afstandsstykker.

- (2) Brug magnetproben til at finde feltets retning rundt om kernen og lav en skitse med indikationer af feltlinierne. Husk at indikere magnetiseringsretningen af spolerne. Denne skitse skal inkluderes i rapporten. Mål feltets ca.-størrelse i nærheden af kernen. Sammenlign med værdierne fra (1).

Efterbehandling af data

- Lav et enkelt plot, der viser randfeltet som funktion af y for alle tre gab.
- Hvad sker der (kvalitativt) med feltet og dets afstandsafhængighed, når gabet laves større?
- Vis med en grafisk metode om randfeltet for de tre gab følger en eksponentialfunktion eller potensfunktion for $y > d$. Hvis en sådan funktionsafhængighed er opfyldt, skal funktionen anføres. (Hint: Hvordan kan man ændre akse-typen til at få rette linier, hvis data følger hver af de to funktionsafhængigheder?).

Efterlad venligst arbejdspladsen i samme orden som I modtog den.

Øvelse 3 (uge 12) (Bygning 307, LabView baren, rum 015)

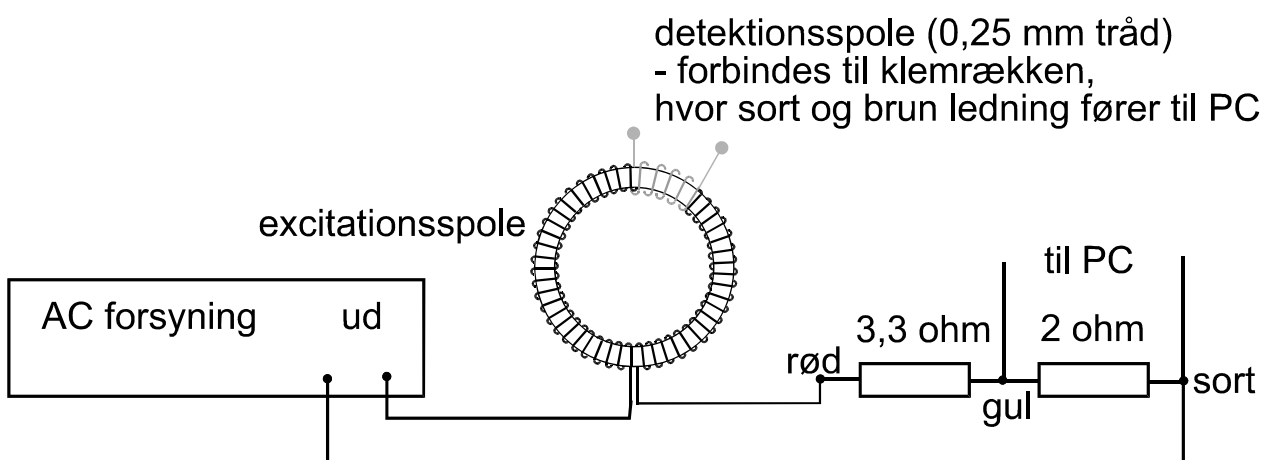
Magnetisk hysteresese

Udstyr

Jernkreds med 2 stk. 200 vindingers spoler, 2 ferrit-ringkerner med lakisoleret kobbertråd, hhv. 0,8 mm diam. og 0,25 mm diam., sandpapir til afisolering, krokodillenæb, AC-strømforsyning (50 Hz), formodstande, diverse ledninger, multimeter, LabView-station. LabView-program: Hysteresese.vi.

Vejledning

Øvelsen skal demonstrere en metode til udmåling af hysteresekurver, som er anvendelig, hvis materialet foreligger som en kreds (f.eks. ring). Teorien bag metoden er beskrevet i noterne s. 34-35.



Schematisk skitse af strøm kredsløb til excitationsspole. For jernkredsen benyttes alene 2 ohms formodstanden.

For ferritkerne skal de fulde 5,3 ohm benyttes. Detektionsspolen forbindes til klemrækken, hvor sort og brun ledning fører videre til PC'en

(a) Hysteresekurve for jernkreds

Først ønskes hysteresekurven for jernet i den mørkeblå jernkreds udmålt. Start med at måle (med en skydelære) tværsnitsarealet af I-kernen (endestykket), hvorefter detektionsspolen vikles, og middelomkredsen rundt langs det magnetiske kredsløb (integrationsvejen i Ampères lov). Vurder også usikkerheden på de målte størrelser.

Tværsnitsareal ($A=d_1 \times d_2$)	Middelomkreds af det magnetiske kredsløb (l)
$d_1 =$ ±	
$d_2 =$ ±	
$A =$ ±	

Disse parametre indgår i beregningen af hhv. B -feltet og H -feltet (jvf. teorien) og **skal** medtages i rapporten.

For at få størst muligt H -felt i jernet, forbindes de to 200 vindingers spoler i *parallel*, så deres felter virker samme vej rundt langs jernkredsen. Kredsløbet er som følger: Fra forsyningen (nu AC = vekselstrøm) til parallelkoblede spoler, videre til 2 Ω formodstanden (gul bøsning) og retur til strømkilden. Ved at gå direkte til gul bøsning kan vi få lidt mere strøm i kredsen. **Vigtigt!** Kontrollér at spolerne er forbundet, så de forstærker hinanden.

Find rullen med 0,25 mm diameter lakeret kobbertråd og klip et stykke på ca. 2 m af. Om endestykket (I-kernen) vikles en spole med 20 vindinger. Prøv så vidt muligt at lægge vindingerne tæt på hinanden! Tråden kan evt. fikseres med en stump tape.

Placér spolen så jernkredsen kan samles på sædvanlig vis. Trådenderne af-isoleres grundigt ved hjælp af sandpapir eller en skalpel. Forbind dem til skrueterminalen (de forbindelser, der føres videre i sort og brun ledning til PC-systemet) og check med et ohmmeter ovenpå skruerne om der er god kontakt (modstand på mindre end ca. 1Ω). Hvis modstanden er væsentlig større gentages proceduren.

- Åben programmet Hysteresse.vi, der måler strømmen i excitationsspole og den inducerede spænding i detektionsspole og omregner til H - og B -feltstørrelser. Før programmet køres skal I indtaste Jeres målte værdier for jernkredsens middellængde (middelomkreds) og dens tværsnitsareal samt angive strømmålemodstandens størrelse (2Ω).
- Sæt strømmen til 2 A (dvs. 1 A til hver spole). Da målesystemet registrerer den samlede strøm, skal I blot skrive 200 vindinger i det relevante felt.
- Kør programmet. Programmet måler og viser spændingen over 2Ω strømmålemodstanden (som er proportional med strømmen) og samt spændingen fra detektionsspole over en netperiode (500 målepunkter over 20 ms). Desuden vises hysteresekurven beregnet ud fra teorien i noterne. Programmet måler fortløbende, så I kan justere strøm-amplituden til et passende niveau. PC'ens datakort har grænser på ± 10 V. Overskrides disse værdier får man en afskæring af de målte forløb, som skal undgås. Hvis hysteresekurven går fra 2. til 4. kvadrant, ændres fortegnsknappens stilling. Hvis målingen ikke kører godt, kan I stoppe med stopknappen foroven og derefter afhjælpe problemet. Hvis I vil gemme data, trykker I på den firkantede STOP-knap på front-panelet. Der popper en fildialog op, som giver jer mulighed for at gemme både de målte rådata (spændingerne i øverste plot) og de omregnede H - og B -data (nederste plot). Hvis I ikke vil gemme, trykker I blot på Cancel og derefter Continue. Hvis I gemmer, registreres datatene i et særligt waveform-format (beskrevet sidst i denne vejledning), hvor der ud over de fire talkolonner, som I skal bruge, er nogle overskrifter og 2 kolonner med tidspunkter.
- Gentag målingen ved forskellige lavere strømme

Efterbehandling af data

- Plot spændingsforløbene for den højeste strøm i spolen.
- Plot B - H målingerne for de forskellige strømme i een graf og beskriv observationerne. Bliver jernet mættet ved den højeste strøm? Vurder/estimer B_s , B_r , og H_c for materialet. Diskuter usikkerheder på disse værdier og fejlkilder i bestemmelsen af dem. Hvilke observationer har I i øvrigt gjort? (lyde, varmeudvikling?) Prøv at forklare dem.
- Forklar sammenhængen mellem de observerede spændingsforløb og hysteresekurven.

(b) Hysteresekurver for ferritkerner

Ferritter opfører sig som ferromagneter, selv om de i virkeligheden typisk har to modsatrettede bidrag til den spontane magnetisering. Det ene er dog større end det andet, således at der er en nettomagnetisering (hvis bidragene er lige store er der ingen makroskopisk magnetisering, og man taler om en antiferromagnet). Ferritter er komplekse materialer indeholdende jern, zink, mangan, ilt eller andet.

Ringkerner af ferritter benyttes til højfrekvens transformatorer og til støj(transient)-dæmpning. En vigtig forskel i forhold til jern er, at ferritter har meget lav elektrisk ledningsevne. Derfor forekommer der ikke inducerede hvirvelstrømme, som kan give et betydeligt energitab ved høje frekvenser.

Start med at måle de geometriske parametre af de to ferritkerner med en skydelære og estimer usikkerhederne på parametrene. **Husk at medtage parametrene i rapporten!**

Ringkerne id	Tværsnitsareal ($A \approx d_1 \times d_2$)	Middelomkreds af det magnetiske kredsløb (l)
Blank/lys	$d_1 =$ \pm	
	$d_2 =$ \pm	
	$A =$ \pm	
Mat/mørk	$d_1 =$ \pm	
	$d_2 =$ \pm	
	$A =$ \pm	

Hver af de to foreliggende ringkerner (læg mærke til, at de har lidt forskellig udseende i overfladen) er påviklet en excitationsspole af 0,8 mm tråd med $n_e = 20$ jævnt fordelte vindinger. Derefter er der viklet en detektionsspole af 0,25 mm tråd $n_d = 40$ vindinger. Spolerne forbindes som vist på figuren. Benyt et krokodillenæb til den ene ende af den tykke kobbertråd. Den anden ende kan skrues fast i den røde bøsning på formodstandspladen. Check som tidligere at der er god elektrisk forbindelse. Hvis ikke sikres med sandpapir, at lakken på ledningsenderne er helt fjernet.

- Benyt Hysterese.vi til at udmåle hysteresekurverne for de to ringkerner.
Husk at indtaste Jeres målte værdier af tværsnitsarealet og middelomkredsen i programmet!
Indiker på måleserierne, hvilken ringkerne der er tale om. Vælg nogle fornuftige strømamplituder.

Efterbehandling af data

- Lav grafer over spændingsforløbene for de to kerner målt for den højeste strøm. I må gerne kombinere dem i een figur.
- Lav kombinerede grafer med $B-H$ kurver målt for forskellige strømamplituder for hver af ringkernerne. Vurder/estimer B_s , B_r , og H_c for materialet. Diskuter usikkerheder på disse værdier og fejlkilder i bestemmelsen af dem. Beskriv forskellene på de to ringe. Kan man med rimelighed beskrive materialerne ved en relativ permeabilitet? I så fald, find den (indiker, hvordan I har gjort) og angiv for hvilke H -felter jeres værdi er gyldig.
- Kommentér sammenhængen mellem de observerede spændingsforløb og hysteresekurvernes udseende.

Efterlad venligst arbejdspladsen i samme orden som I modtog den.

Om wave-table format

Se bort fra de tre første linier i datafilen. Søjlernerne i de efterfølgende linier er

<tidspunkt (ubrugeligt)>

<spændingsfald over 2 ohms modstand i serie med eksitationsspølen (proportional med strømmen)>

<spænding i detektionsspølen, evt. ganget med multiplikationsfaktor valgt af Jer i LabView-program>

<H [A/m]>

<B [T]>

For at plotte de to spændingsforløb vs. tid [ms] skal I tilføje en ny søjle til venstre for disse, hvor I sætter værdien i den i 'te celle til $i/500 \cdot 20$ ms. Dette dækker over at der er målt 500 punkter over én periode i 50 Hz spændingen.

Øvelse 4 (uge 13) (Bygning 307, AFM lab)

Den moderne harddisk**Udstyr**

AFM (opstillinger på fem borde), harddiske til at skille ad, magnetprobe, lille boks med stumper af harddiske påført magnetiske nanopartikler, kits med harddiske af forskellige generationer (seks stykker).

Vejledning(a) Undersøgelse af harddiske

Her følger vi op på undersøgelsen af harddisken fra Øvelse 1. Ved hvert bord ligger der en harddisk, der på forhånd er åbnet. Start med at åbne harddisken og identificer de forskellige dele i harddisken:

- disken
- skrive-/læse-hovedet
- aktuatorarmen

Find også andre strukturer i harddisken, der involverer magnetisme og magnetiske materialer (og dem er der nogle af). I kan evt. bruge den gyroophængte magnet (magnetproben) til at undersøge med. Lav en kort liste over de strukturer I har fundet og ellers kender til fra forelæsningsne. Denne liste er relevant for Jeres perspektiverende diskussion, men skal ikke medtages på dette sted i rapporten.

På bordet ved det optiske mikroskop vil være kits af harddiske af forskellige generationer, som I kan kigge på og sammenligne. Er der nogle væsentlige forskelle på de elementer, der indgår i de nye og gamle harddiske?

(b) Undersøgelse af harddisk medier med AFM

Start med at undersøge de firkantede stykker af harddiske påført magnetiske nanopartikler, der ligger i en plastboks ved Jeres bord. De magnetiske nanopartikler vil samle sig hvor magnetiseringen af mediet ændrer retning (dvs. ved magnetiske ”poler” eller skrevne ”1”-taller) og kan derfor bruges til en topografisk visualisering af informationen skrevet på disken med et AFM. For at undgå at AFM tippen skubber rundt med partiklerne er de fikseret med et tyndt lag pådampet platin.

Ved brug af AFM’et skal I følge vejledningen og instruktionerne fra ”Carbon nanorør” forløbet (Introduktion til Skanning Probe Mikroskopi af Jakob Svagin). Spørg, hvis I er i tvivl! Start med at bruge en kraft på 20 nN (standard). **Vigtigt!** Scannehastigheden må ikke sættes for højt! – det giver ikke brugbare billeder og ødelægger tips’ene. På bordene er lagt dataark med fabrikantens specifikationer for antal ”BPI”=bits per inch og ”TPI”=Tracks per inch (1 tomme/inch = 25.4 mm) for en række harddiske. Vælg een ud.

Husk! Start med at regne ud hvad den forventede sporbredde er ud fra fabrikantens specifikationer. Sørg dernæst for at sætte scanneområdet, så I kan se *mindst* fire sporbredder. Prøv at få dannet et billede. Hvad ser I? Hvis billedet ikke tydeligt viser spor af bits, så prøv at scanne et andet område. Hvis det fortsat er svært at få et billede, så kontakt vejlederne.

Når I får et billede ud i god kvalitet, bestemmer I afstanden mellem sporene. I *skal* have et billede med i rapporten, hvor I med linier indikerer, hvor I bestemmer afstanden. I teksten skal I forklare hvilke overvejelser I har gjort Jer for at minimere usikkerheden på Jeres bestemmelse af sporbredden og I skal estimere usikkerheden (begrund). Jeres ”TPI” værdi med usikkerhed sammenlignes med fabrikantens specifikation.

Dernæst skal I forsøge at bestemme "BPI" for disken. Det kan være svært for nyere diske med høj datatæthed, da bits'ene har en tendens til at smelte sammen. Det kan være at I kan gøre det ud fra det første billede, men det kan også være, at I skal vælge et mindre scanneområde for at få bedre opløsning. Igen *skal* et billede medtages i rapporten, hvor I med linier indikerer hvor I bestemmer afstanden. I teksten skal I forklare Jeres overvejelser ved bestemmelsen af bitafstanden (f.eks., hvilken bit-sekvens har I antaget?) og usikkerheden på Jeres værdi. Jeres "BPI" værdi sammenlignes med fabrikantens specifikation.

Hvis I har stor succes med billederne, er I meget velkomne til at studere mere end een type harddisk. Husk, at dokumentere Jeres undersøgelse med samme billedmateriale som nævnt ovenfor. Det er i orden at lægge billedmaterialet for disse ekstra undersøgelser i et bilag og medtage Jeres resultater i tabelform i rapporten.

Hvis det er svært at få et godt AFM billede, er det tilladt (med reference) at udveksle billeder med andre grupper.

(c) Perspektiverende diskussion i rapporten

Rapporten skal indeholde en kort perspektiverende diskussion. Diskussionen behøver ikke at være adskilt fra den øvrige del af rapporten (dvs. hvis I allerede har diskuteret nogle af punkterne i første dele af journalen, behøver I ikke at gentage det til sidst). Den korte perspektiverende diskussion skal adressere følgende punkter:

- Forklar kort, hvordan information skrives, bevares og læses i en harddisk
- Forklar og begrund *kort* hvad de strukturer i harddisken I har fundet i del (a) og ellers kender til bruges til og hvilke krav der stilles til deres magnetiske egenskaber.
- Begrund hvorfor en moderne harddisk er nanoteknologi.

Efterlad venligst arbejdspladsen i samme orden som I modtog den.

Introduktion til Origin

I denne lille note beskrives, hvordan et eller flere datasæt plottes i Origin og hvordan en brugerdefineret funktion fittes til data. Der kan være små afvigelser fra det, der er beskrevet i noten alt efter hvilken version af Origin man bruger. Origin 7.5 er generelt nemmere at gå til end den nyeste version 8.0.

Indlæs ét eller flere datasæt

Ved start af Origin er der et tomt Worksheet.

Et enkelt datasæt importeres ind i dette worksheet via menuerne `FILE -> IMPORT -> SIMPLE SINGLE ASCII . . .` eller ved at trykke CTRL-K.

For at importere flere datasæt kan man enten oprette flere worksheets (via menuerne `FILE -> NEW -> WORKSHEET`) og derpå følge ovenstående procedure eller man kan gå via menuerne `FILE -> IMPORT -> MULTIPLE ASCII . . .`

Plotte ét datasæt i en graf

Gå til det relevante worksheet.

Check at kolonnen med x-værdier for dine data er markeret med "(X)" i headeren. Hvis ikke, så sæt den til det via menuerne `COLUMN -> SET AS X`.

Derpå markeres Y-kolonnen af det datasæt, du vil plotte ved at klikke på dens header i worksheet'et. Gå til menuen `PLOT -> SYMBOL -> SCATTER`. Så åbnes et vindue med et plot af data. Egenskaberne af plottets elementer (datapunkter, akser, etc.) kan ændres ved at dobbeltklikke på dem.

Plotte flere datasæt i samme graf

For det første datasæt følges ovenstående procedure.

I graf-vinduet dobbeltklikkes derpå på knappen [1] i øverste venstre hjørne og der dukker en menu op. Vælg `PLOT SETUP`.

Øverst til højre i denne menu er en liste over de tilgængelige worksheets og nederst vises en liste over de plots, der er med i grafen. For at tilføje et datasæt til plottet, vælges datasættet i det øverste vindue og der sættes flueben i det midterste vindue ved de kolonner, der er hhv. x og y. Endelig klikkes på knappen "Add". Denne procedure følges for alle datasæt.

Fitning af funktion til data

Origin kan fitte en brugerdefineret funktion til data. Start med at lave en graf med et plot af det datasæt, du vil analysere (og kun det).

Gå til menuen `ANALYSIS -> FITTING -> NON-LINEAR CURVEFIT -> ADVANCED FITTING TOOL` (eller tryk CTRL-Y). De følgende menu-kald henviser til menuerne i Non-linear Curvefitting vinduet.

En ny fittefunktion defineres via `Function -> New`. Vælg Y-script.

Vigtigt! Visse versioner af Origin (<8.0) har desværre en bug, så man i dette vindue først skal klikke på knappen "Basic mode" og derpå på knappen "More...". Så kommer der en drop-down menu frem, hvor standardindstillingen er "Equations". I denne menu vælges "Y-Script". Hvis man har glemt dette og skriver funktionen på formen "y = ..." kan der ske mærkelige ting!

I vinduet ovenover skrives nu fittefunktionen (se eksemplet over vinduet). Hvis man bruger de præ-definerede parameternavne, P1, P2, ..., skal man blot angive antallet af fitteparametre i "Number of parameters". Ellers kan man selv definere sine egne parameternavne, og så er det antallet af komma-separerede navne, der bestemmer antallet af parametre. Enkelte parameternavne er ikke tilladte og Origin kender ikke forskel på små og store bogstaver.

Når fittefunktionen er tastet ind, vælges menuen ACTION → FIT, og der vælges "Active dataset".

Fitteparametrene skal have nogle udgangsværdier, som er i nærheden af de rigtige. Ved at sætte flueben ved "Vary?" kan man vælge om en parameter skal varieres eller ej. Start-værdierne af parametre, der skal varieres, må ikke sættes til nul, da Origin i så fald ikke kan beregne de numerisk afledede af fittefunktionen efter de pågældende parametre. Hvis der ikke genereres værdier af den indtastede fittefunktion skyldes det som regel enten en tastefejl i funktionsudtrykket eller at man har glemt at skifte til 'Y-script' (se ovenfor).

Hvis alle parametre sættes fri fra start af, kan Origin have svært ved at finde det bedste fit. Et godt råd er at starte med at fikser de fleste af parameterværdierne til de målte værdier og kun lade parametre, som har med skaleringen af fittet være fri i starten (i eksempel 1 nedenfor ville dette være 'NI'). Dernæst klikkes på "100 Iter", hvorefter resten af parametrene successivt slippes fri. Hvis usikkerheden af en parameter er større end dennes værdi kan man overveje at fikser denne parameter til værdien 0.

Når fittet er tilfredsstillende, klikkes "Done", og man returnerer til graf-vinduet. I dette vindue er der nu oprettet en tekstrude med resultaterne af fittet. Hvis I medtager dette vindue i figurer i Jeres rapport skal I ændre teksten, så det klart fremgår hvilken fittefunktion I har brugt og så værdier og deres usikkerheder angives med et meningsfuldt antal betydende cifre. Husk også at skrive aksebetegnelser og enheder.

Vigtigt vedr. trigonometriske funktioner!:

Hvis I bruger de trigonometriske funktioner i Origin er det vigtigt, at I ved om Origin regner i grader eller radianer. Standard-indstillingen er radianer. I kan se og ændre denne indstilling ved at gå til menuen TOOLS → OPTIONS... → NUMERIC FORMAT.

Eksempel 1: Fit af udtryk for Helmholtzspolefelt til data

Vi vil fitte følgende funktion til data

$$B(x) = \frac{\mu_0 NI}{2} \left[\frac{R^2}{\left((x - x_0 - D/2)^2 + R^2 \right)^{3/2}} + \frac{R^2}{\left((x - x_0 + D/2)^2 + R^2 \right)^{3/2}} \right] + B_0,$$

Dette kan gøres ved at skrive (eller kopiere) følgende ind i funktionsvinduet

$$y = 4 * \pi * 1e-7 * NI / 2 * R^2 * (((x - x_0 - D / 2) ^ 2 + R ^ 2) ^ (-3 / 2) + ((x - x_0 + D / 2) ^ 2 + R ^ 2) ^ (-3 / 2)) + B_0$$

Fluebenet ved "User Defined Parameter names" hakkes af, og i parameterlinien skrives

$$NI, x_0, D, R, B_0$$

Her er enhederne [NI]=A, [a]=[D]=[R]=m og [y]=T. Husk at SI enheder ind giver SI enheder ud! Hvis I starter med andre enheder, f.eks. cm eller mm skal I enten regne dem om til korrekte SI enheder eller udregne en numerisk korrektionsfaktor i udtrykket.

– SLUT –

Mikkel Fougt Hansen (mikkel.hansen@nanotech.dtu.dk)